



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**
(10) **DE 100 38 235 A 1**

(51) Int. Cl. 7:
H 01 S 5/20
H 01 S 5/183
H 01 S 5/323

DE 100 38 235 A 1

(21) Aktenzeichen: 100 38 235.5
(22) Anmeldetag: 4. 8. 2000
(43) Offenlegungstag: 21. 2. 2002

(71) Anmelder:
OSRAM Opto Semiconductors GmbH & Co. oHG,
93049 Regensburg, DE

(74) Vertreter:
Epping, Hermann & Fischer, 80339 München

(72) Erfinder:
Albrecht, Tony, 93049 Regensburg, DE

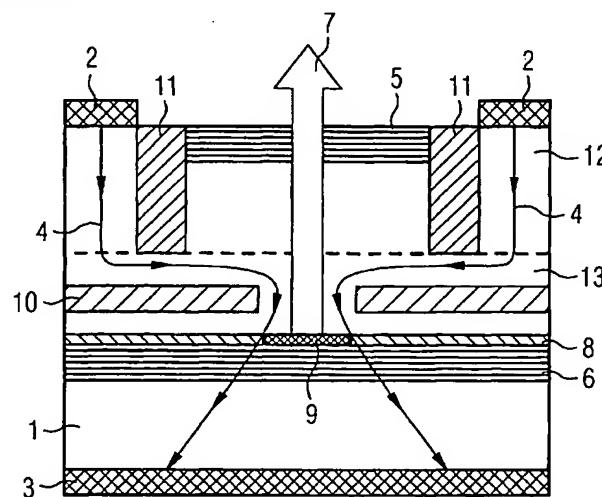
(56) Entgegenhaltungen:
US 60 44 100
US 58 31 295
US 57 29 566
US 52 56 596
HERRICK, R.W.; PETROFF, P.M.: Improved reliability of red GaInP vertical-cavity surface-emitting lasers using bias-induced annealing. In: Applied Physics Letters, Vol. 72, No. 15, 1998, S. 1799-1801;
DEPPE, D.G.; u.a.: Bistability in an AlAs-GaAs-InGaAs vertical-cavity surface-emitting laser. In: Applied Physics Letters, Vol. 58, No. 23, 1991, S. 2616-2618;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Oberflächenemittierender Laser mit seitlicher Strominjektion

(57) Die Erfindung beschreibt einen oberflächenemittierenden Laser (VCSEL) mit seitlicher Strominjektion. Dabei wird der Pumpstrom (4) von der auskoppelseitigen Kontaktfläche (2) in einem ersten Bereich (12) außerhalb des Resonatorvolumens vorwiegend parallel zur Resonatorachse geführt und in einem zweiten Bereich (13) vorwiegend senkrecht zum aktiven Volumen (9) hingeleitet. Weiterhin ist eine Kontaktgeometrie beschrieben, die eine selbstständige Regulierung der Größe des aktiven Volumens (9) in Abhängigkeit des Pumpstroms (4) bewirkt.



DE 100 38 235 A 1

Beschreibung

[0001] Oberflächenemittierende Laser mit senkrecht stehendem Resonator (Vertical Cavity Surface Emitting Laser, VCSEL) sind beispielsweise aus IEEE Communications Magazine, May 97, pp. 146 bekannt. Diese Laser beinhalten einen Halbleiterkörper und weisen das gemeinsame strukturelle Merkmal auf, daß die Resonatorachse und damit auch die Lichthebung senkrecht zu einer Hauptfläche des Halbleiterkörpers erfolgt.

[0002] Der Pumpstrom wird üblicherweise über Kontaktflächen in den Halbleiterkörper eingeleitet. Bekannt ist hierbei die Möglichkeit, eine Kontaktfläche in Form eines Ringkontakte auf einer Hauptfläche des Halbleiterkörpers anzutragen, wobei durch dieselbe Hauptfläche die Laserstrahlung ausgekoppelt wird.

[0003] Von dem Ringkontakt aus wird der Pumpstrom auf direktem Weg zu der aktiven Schicht des Halbleiterkörpers geleitet. Um eine hohe Pumpdichte zu erzielen beziehungsweise den Schwellenstrom gering zu halten, wird der Pumpstrom mit Hilfe einer blendenartigen Stromeinschnürungsschicht auf ein kleines Volumen der aktiven Schicht, im folgenden als "aktives Volumen" bezeichnet, konzentriert. Die Generation und die Verstärkung der Laserstrahlung findet in diesem aktiven Volumen statt. Die Laserstrahlung wird innerhalb der Ringöffnung der Kontaktfläche ausgekoppelt.

[0004] Bei dieser Geometrie sind der Pfad des Pumpstroms durch den Halbleiterkörper (Stromweg) und das erzeugte Strahlungsfeld im Halbleiterkörper (Lichtweg) zu großen Teilen deckungsgleich. Dadurch wird das Strahlungsfeld und insbesondere dessen räumliche Feldverteilung durch den Pumpstrom beeinflußt, da in Abhängigkeit des Pumpstroms die elektrische Verlustwärme und damit die Temperatur des Halbleiterkörpers variiert. Mit steigendem Pumpstrom bildet sich im Resonator ein radialsymmetrisches Temperaturprofil aus. Aufgrund der Abhängigkeit des Brechungsindex des Halbleiterkörpers von der Temperatur entsteht eine thermische Indexführung, die auch als positive thermische Linse bezeichnet wird.

[0005] Eine positive thermische Linse führt zu einer Einschnürung der Resonatorgrundmode, so daß der Überlapp zwischen Grundmode und aktivem Volumen und damit die Verstärkung der Grundmode reduziert wird. Räumliches Lochbrennen verringert die Verstärkung der Grundmode weiter bis zur Auslöschung der Grundmode. Dies begünstigt auch das Anschwingen unerwünschter höherer Moden, so daß ein Grundmodenbetrieb (SM-Betrieb, single mode) bei hohem Pumpstrom nicht möglich ist.

[0006] Dieser Nachteil wird gemindert, wenn Licht- und Stromweg getrennt werden. VCSEL mit einer teilweisen Trennung von Licht- und Stromweg sind beispielsweise aus US 6,044,100 bekannt. Die hierin beschriebene, sogenannte laterale Injektion erfordert einen hohen Herstellungsaufwand, da für ihre Ausbildung eine aufwendige Mesa-Atzung des Halbleiterkörpers unter Verwendung einer Ätzstopsschicht nötig ist.

[0007] Weiterhin ist bei dem in US 6,044,100 beschriebenen VCSEL die Größe des aktiven Volumens fest vorgegeben und im wesentlichen durch den Innendurchmesser der Stromeinschnürungsschicht bestimmt, so daß der VCSEL nur für einen Arbeitspunkt optimiert ist.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, einen VCSEL mit verbesserter Stromführung zu schaffen, der gleichzeitig kostengünstig herstellbar ist. Diese Aufgabe wird durch einen VCSEL gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Ansprüche 2 bis 10.

[0009] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, den VCSEL an

der Hauptfläche, an der die erzeugte Strahlung zumindest teilweise ausgekoppelt wird (Auskoppelfläche), zu kontaktieren, wobei der Pumpstrom von dieser Hauptfläche aus zur aktiven Schicht hin weitestgehend außerhalb des Resonatorvolumens geführt wird. Die Trennung zwischen Licht- und Stromweg ist dabei auf das Resonatorvolumen zwischen Auskoppelfläche und aktivem Volumen beschränkt, da das aktive Volumen naturgemäß innerhalb des Resonators liegt und der Pumpstrom in dieses aktive Volumen eingeleitet werden muß.

[0010] Um diese Trennung zu realisieren, wird in einem ersten Bereich, der an die Auskoppelfläche grenzt, der Pumpstrom parallel zur Resonatorachse außerhalb des Resonatorvolumens geführt. In einem zweiten Bereich in der Nähe der aktiven Schicht wird dann der Pumpstrom radial zum aktiven Volumen hingeleitet.

[0011] Da der Pumpstrom weitgehend von dem Resonatorvolumen ferngehalten wird, wird auch die durch die elektrische Verlustleistung verursachte Temperaturerhöhung und speziell der daraus resultierende Temperaturgradient im Resonator reduziert. Im Resonatorvolumen wird so die Ausbildung einer positiven thermischen Linse vermieden. Dieses auf der verbesserten Stromführung basierende, gleichmäßiger Temperaturverhalten verhindert mit großem Vorteil ein Einschneien der Grundmode und das unerwünschte Anschwingen höherer Moden bei steigendem Pumpstrom.

[0012] Hinzu kommt, daß aufgrund elektrischer Verluste eine Temperaturerhöhung des Halbleiterkörpers außerhalb des Resonatorvolumens eintritt. Dies führt umgekehrt zu einer negativen thermischen Linse im Resonator, die ebenfalls einer Einschneierung der Grundmode entgegenwirkt. Mit großem Vorteil ermöglicht die Erfindung so VCSEL mit hoher Effizienz, hoher Steilheit (slope efficiency) und hoher Quantenausbeute, die über einen weiten Pumpstrombereich im Grundmodus betrieben werden können.

[0013] Bei einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird die Führung des Pumpstroms außerhalb des Resonators dadurch erreicht, daß zwischen dem stromführenden ersten Bereich außerhalb des Resonators und dem Resonator eine elektrische Isolationsschicht ausgebildet ist. So wird mit Vorteil der bestehende Halbleiterkörper zur Stromführung benutzt. Ferner ist diese Isolationsstruktur vorteilhafterweise ohne großen Aufwand in bestehende VCSEL-Strukturen integrierbar.

[0014] Bei einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird die Isolationsschicht durch Ionimplantation ausgebildet. Hierbei wird durch gezielte Ionimplantation in dem zu isolierenden Bereich eine hohe Zahl von Gitterdefekten erzeugt, so daß der Halbleiter in diesem Bereich zum elektrischen Isolator degradiert. Mit Vorteil wird dieses oft angewendete und daher leicht verfügbare Verfahren zur Ausbildung der Isolationsschicht bei der Erfindung herangezogen.

[0015] Alternativ kann die Isolationsschicht durch einen Ätzgraben ausgebildet werden. Der Ätzgraben kann dabei frei bleiben oder mit einem Isolations- oder Absorbermaterial aufgefüllt werden. Absorbermaterialien weisen neben ihrer Isolationseigenschaft eine hohe Absorption im Spektralbereich der Lascremisionswellenlänge auf. Diese Absorption im Außenbereich des Resonators unterdrückt höhere Moden und unterstützt so den Grundmodenbetrieb.

[0016] Die Bildung von Isolationsschichten bei der Herstellung von Halbleiterkörpern ist bekannt und erprobt und erfordert daher mit Vorteil keinen besonderen Aufwand. Weiterhin kann eine so gebildete Halbleiterstruktur leichter mit gut leitenden ohmschen Kontakten versehen werden als beispielsweise eine Halbleiterstruktur mit Mesaätzung.

[0017] Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung be-

steht darin, die Kontaktfläche auf der Auskopplungsfläche ringförmig auszubilden. Im Betrieb wird die erzeugte Laserstrahlung durch die Ringöffnung ausgekoppelt. Der so gebildete VCSEL weist eine hervorragende Strahlqualität auf, wobei der Ringkontakt mit Vorteil nur zu einer geringen Abschattung der Auskoppelfläche führt.

[0018] Bei einer besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist die Kontaktfläche ringsförmig ausgebildet, wobei die Kontaktfläche nicht geschlossen ist. Alternativ kann die Kontaktfläche U-förmig ausgebildet sein. Besonders bevorzugt ist eine V-förmige Ausbildung des Kontakts. [0019] Diese Kontaktformen werden im folgenden im Gegensatz zu einem geschlossenen Ringkontakt als "offene Kontakte" bezeichnet. Offene Kontakte bewirken, daß die Größe des aktiven Volumens vom Pumpstrom abhängt und mit steigendem Pumpstrom wächst. Damit wird ein selbstregulierendes Verhalten des VCSEL erreicht mit dem großen Vorteil, daß der VCSEL nicht nur für einen Arbeitspunkt, sondern für einen Arbeitsbereich optimiert ist.

[0020] Vorteilhafte Kontaktformen für die Selbstregulierung sind Ringkontakte mit nicht geschlossenem Ring, U-förmige Kontakte und V-förmige Kontakte, wobei V-förmige Kontakte hinsichtlich der selbstregulierenden Eigenschaften besonders vorteilhaft sind.

[0021] Bei dieser Weiterbildung der Erfindung ist mit Vorteil das aktive Volumen insbesondere auch für niedrige Pumpströme optimal angepaßt, so daß sich ein so gebildeter VCSEL durch einen sehr niedrigen Schwellenstrom und eine hohe Steilheit auszeichnet.

[0022] Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, den Querschnitt der Isolationsschicht an die Form der Kontaktfläche auf der Auskoppelfläche anzupassen. Dies gewährleistet mit Vorteil, daß der Pumpstrom entlang der Kontaktform im zweiten Bereich gleichartig radial dem aktiven Volumen zugeführt wird und unterstützt so den Selbstregulierungsmechanismus.

[0023] Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeitkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von drei Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Fig. 1 bis 4. Es zeigen

[0024] Fig. 1 eine schematische Schnittansicht eines ersten erfundungsgemäßen Ausführungsbeispiels,

[0025] Fig. 2 eine schematische Aufsicht eines zweiten erfundungsgemäßen Ausführungsbeispiels,

[0026] Fig. 3 eine schematische Aufsicht eines dritten erfundungsgemäßen Ausführungsbeispiels und

[0027] Fig. 4 eine schematische Schnittansicht des dritten erfundungsgemäßen Ausführungsbeispiels.

[0028] Hierbei sind gleiche oder gleichwirkende Teile mit denselben Bezeichnungen versehen.

[0029] In Fig. 1 ist eine Schnittansicht eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung dargestellt, wobei die Resonatorachse in der Schnittebene liegt. Gezeigt ist der Halbleiterkörper 1 eines VCSEL mit einer ersten und einer zweiten Hauptfläche, auf denen jeweils eine Kontaktfläche 2 und 3 zur Zu- beziehungsweise Ableitung des Pumpstroms 4 gebildet ist. Der Resonator wird durch die Spiegel 5 und 6 begrenzt, wobei die erzeugte Laserstrahlung 7 über den Spiegel 5 und die erste Hauptfläche ausgekoppelt wird. Der auf dieser Hauptfläche aufgebrachte Kontakt 2 stellt einen Ringkontakt oder einen offenen Kontakt dar.

[0030] An den zweiten Resonatorspiegels 6 grenzt die aktive Schicht 8, in deren Zentrum sich im Betrieb das aktive Volumen 9 ausbildet. In Richtung der Auskoppelfläche ist über der aktiven Schicht eine Stromeinschüttungsschicht 10 in Form einer ringförmigen Isolationsschicht mit leitfähigem Zentrum gebildet, die den Pumpstrom 4 im Zentrum der aktiven Schicht 8 konzentriert.

[0031] Um das Resonatorvolumen herum ist eine Isolationsschicht 11 ausgebildet, die sich in Richtung der Resonatorachse von der Auskoppelfläche bis in die Nähe der Stromeinschüttungsschicht 10 erstreckt. Diese Isolationsschicht 11 bewirkt eine definierte Führung des Pumpstroms 4, so daß dieser in einem ersten Bereich 12 außerhalb des Resonators parallel zur Resonatorachse geführt wird.

[0032] Bei einem VCSEL nach dem Stand der Technik hingegen dringt der Pumpstrom auf direktem Weg zur Öffnung der Stromeinschüttungsschicht in das Resonatorvolumen ein und verursacht so die oben beschriebenen, nachteiligen thermischen Effekte im Resonator. In einem an die Stromeinschüttungsschicht 10 angrenzenden zweiten Bereich 13 wird der Strom dann durch den leitfähigen Spalt zwischen Isolationsschicht 11 und Stromeinschüttungsschicht 10 radial zur Öffnung der Stromeinschüttungsschicht 10 geführt.

[0033] Die Isolationsschicht 11 kann beispielsweise durch Ionenimplantation unter Verwendung einer geeigneten Maske hergestellt werden. Die Tiefe der Schicht (in Richtung der Resonatorachse) und damit die Größe des Spalts zwischen Isolationsschicht 11 und Stromeinschüttungsschicht 10 wird dabei durch die Ionenenergie bestimmt. Dasselbe Verfahren kann auch zur Ausbildung der Stromeinschüttungsschicht 10 verwendet werden.

[0034] Alternativ kann die Stromeinschüttungsschicht 10 auch durch eine entsprechend maskierte Oxidschicht ausgebildet werden.

[0035] Eine weitere Möglichkeit zur Ausbildung der Isolationsschicht 11 besteht darin, zwischen dem ersten Bereich 12 und dem Resonatorvolumen einen Graben zuätzen. Die Grabentiefe wird durch die Ätzdauer festgelegt, so daß die aufwendige Ausbildung einer Ätzstopsschicht nicht erforderlich ist. Optional kann danach der Graben mit einem Isolations- oder Absorbermaterial gefüllt werden.

[0036] Hinsichtlich der verwendbaren Materialien und des weiteren Aufbaus ist die Erfindung keinen prinzipiellen Beschränkungen unterworfen. Als Halbleiter können beispielsweise GaAs- oder InP-basicirende Systeme, insbesondere InGaAlAs, InGaN, InGaAsP oder InGaAlP verwendet werden.

[0037] In Fig. 2a ist die Aufsicht auf die auskoppelseitige Kontaktfläche 2 eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung gezeigt. Diese Kontaktfläche ist V-förmig mit einem rechten Winkel zwischen den beiden V-Schenkeln gestaltet. Die Isolationsschicht 11 ist in ihrem Querschnitt ebenfalls V-förmig gestaltet und entspricht so der Form der Kontaktfläche 2. Der Flächenausschnitt 17 stellt den leitfähigen Innenbereich der Stromeinschüttungsschicht 10 dar.

[0038] In Fig. 2b ist schematisch die Wirkung der V-förmigen Kontaktfläche veranschaulicht. Bei kleinem Pumpstrom 4 wird nur in einem kleinen Bereich 14 eine Besetzungsinversion in der Nähe des V-Kontakt-Scheitels 18 erzeugt. Mit steigendem Pumpstrom wächst der besetzungsinvertierte Bereich an und das aktive Volumen wird vergrößert. Dies beruht auf der Überlagerung der von den beiden V-Schenkeln injizierten Anteile des Pumpstroms und wird ermöglicht durch die durch die Isolationsschicht 11 bewirkte, definierte radiale Stromzuführung zur Öffnung der Stromeinschüttungsschicht 10 hin.

[0039] Aus der Vergrößerung des aktiven Volumens mit steigendem Pumpstrom 4 resultiert ein selbstregulierendes Verhalten des VCSEL, das auf folgendem Zusammenhang beruht:

Für den stabilen Betrieb eines Lasers mit Fabry-Perot-Resonator, wie er auch in einem VCSEL verwendet wird, ist eine sogenannte Modenblende nötig, da ein Fabry-Perot-Resonator, insbesondere in der Form, in der er für VCSEL ausgebil-

det wird, nur eine sehr geringe transversale Modenselektivität besitzt. Ein Fabry-Perot-Resonator ist daher auch nur grenzwertig stabil. Die Modenblende legt die transversale Ausdehnung der Resonatormode fest.

[0040] In einem VCSEL wird eine Modenblende durch das aktive Volumen in Form einer aktiven Blende gebildet. Dieses aktive Volumen ist einerseits hinreichend klein zu wählen, um eine hohe Pumpdichte zu erzielen. Andererseits steigt mit zunehmender Verringerung des aktiven Volumens der Herstellungsaufwand stark an, während die optische Ausgangsleistung sinkt.

[0041] Eine Modenblende mit fester Dimensionierung ist daher genau auf eine bestimmte Ausgangsleistung abgestimmt und nur für diese Ausgangsleistung optimal.

[0042] Zusätzlich bildet sich mit steigendem Pumpstrom 15 auch im aktiven Volumen eine thermische Linse aus, die zu einer Veränderung der Grundmode in Form einer Einschnürung führt. Damit ändert sich die Feldverteilung im Resonator, so daß die Grundmode nicht mehr an die ursprüngliche Dimensionierung der Modenblende angepaßt ist. Als Folge 20 dieser Fehlanpassung können unerwünschte höhere Moden anschwingen, wobei die Grundmode abgeschwächt oder sogar ausgelöscht wird.

[0043] Die Fehlanpassung kann dadurch kompensiert werden, daß das aktive Volumen und damit auch die Grundmode mit steigendem Pumpstrom transversal vergrößert und so einer Einschnürung entgegengewirkt wird.

[0044] Bei einem offenen Kontakt wie bei dem in Fig. 2a, b gezeigten, V-förmigen Kontakt bildet sich bei geringem Pumpstrom 4 ein kleines aktives Volumen 14 im Inneren des 30 Kontaktbereichs aus, das sich mit zunehmendem Pumpstrom 4 in Richtung der Kontaktöffnung vergrößert. In Fig. 2b schematisch dargestellt ist das aktive Volumen 15 bei mittlerem Pumpstrom und das aktive Volumen 16 bei hohem Pumpstrom.

35

[0045] Damit bewirkt ein offener Kontakt ein selbstregulierendes Verhalten eines VCSEL, das einer Fehlanpassung zwischen Grundmode und aktivem Volumen entgegenwirkt.

[0046] In Fig. 3 sind weitere offene Kontaktformen dargestellt, die ebenfalls die oben beschriebene Aufweitung des 40 aktiven Volumens mit steigendem Pumpstrom 4 bewirken.

[0047] So kann der Kontakt 2 in Form eines Kontakttrings 45 ausgebildet sein, aus dem ein Ringsektor ausgeschnitten ist (Fig. 3a). Ein weiteres Ausführungsbeispiel besteht darin, den Kontakt 2 wie in Fig. 3b dargestellt U-förmig zu gestalten.

[0048] Mit Vorteil kann bei der Erfindung die Form der Kontaktfläche leicht durch Änderung der Maskierung der Auskoppelfläche bei der Herstellung der Kontaktfläche 2 variiert werden.

50

[0049] Selbstverständlich kann der Kontakt 2 auch vollständig ringförmig ausgebildet sein, wenn nur die oben beschriebene Vermeidung einer thermischen Linse im Resonatorvolumen ohne selbstregulierendes Verhalten beabsichtigt ist.

[0050] In Fig. 4 ist in einer Schnittansicht die Wirkung der offenen Kontaktform für verschiedene Pumpströme dargestellt. Die Schnittebene ist hierbei so gewählt, daß die Resonatorachse in der Schnittebene liegt und die Schnittebene diagonal durch die in Fig. 2b gezeigte Aufsicht verläuft (Linie A-A, Fig. 2b).

55

[0051] Für geringe Pumpströme bildet sich ein kleines aktives Volumen 14 aus, Fig. 4a. Entsprechend besitzt der VCSEL mit Vorteil eine sehr geringe Pumpschwelle. Mit steigendem Pumpstrom würde sich bei einem VCSEL nach 60 dem Stand der Technik mit festem aktivem Volumen in der aktiven Schicht eine starke thermische Linse ausbilden, die Grundmode würde abschnüren und höhere Moden könnten

anschwingen.

[0052] Bei der Erfindung hingegen dehnt sich das aktive Volumen 14 in radialer Richtung hin aus, Fig. 4b. Das größere aktive Volumen 16 führt dazu, daß sich auch die Grundmode radial ausdehnt und wirkt einer Einschnürung entgegen. Weiterhin wird mit der Ausdehnung des aktiven Volumens auch die Verlustwärme besser verteilt und der radiale Temperaturgradient, der die Brechkraft der thermischen Linse maßgeblich bestimmt, vorteilhaft reduziert.

[0053] Die Erläuterung der Erfindung anhand der beschriebenen Ausführungsbeispiele ist selbstverständlich nicht als Beschränkung der Erfindung zu verstehen.

Patentansprüche

1. VCSEL mit einem Halbleiterkörper (1) und einer aktiven Schicht (8) und einer ersten und einer zweiten Hauptfläche, wobei auf der ersten Hauptfläche eine erste Kontaktfläche (2) und auf der zweiten Hauptfläche eine zweite Kontaktfläche (3) gebildet ist und die erzeugte Strahlung (7) zumindest teilweise durch die erste Hauptfläche ausgekoppelt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Pumpstrom (4) in einem ersten Bereich (12) von der ersten Hauptfläche zur aktiven Schicht (8) hin außerhalb des Resonatorvolumens vorwiegend parallel zur Resonatorachse geführt wird und daß in einem zweiten Bereich (13) der Pumpstrom (4) vorwiegend senkrecht zur Resonatorachse zum aktiven Volumen (9) hingeführt wird.
2. VCSEL nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem ersten Bereich (12) und dem Resonatorvolumen eine Isolationsschicht (11) ausgebildet ist.
3. VCSEL nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolationsschicht (11) durch Ioneneimplantation gebildet ist.
4. VCSEL nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolationsschicht (11) durch einen Ätzgraben gebildet ist.
5. VCSEL nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Ätzgraben mit einem Isolations- oder Absorbermaterial gefüllt ist.
6. VCSEL nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfläche (2) ringförmig gebildet ist und die erzeugte Strahlung (7) durch die Ringöffnung austritt.
7. VCSEL nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfläche (2) ringförmig gebildet ist, wobei der Ring nicht geschlossen ist.
8. VCSEL nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfläche (2) U-förmig ausgebildet ist.
9. VCSEL nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfläche (2) V-förmig ausgebildet ist.
10. VCSEL nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolationsschicht (11) in ihrem Querschnitt der Form der Kontaktfläche (2) entspricht.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

FIG 1

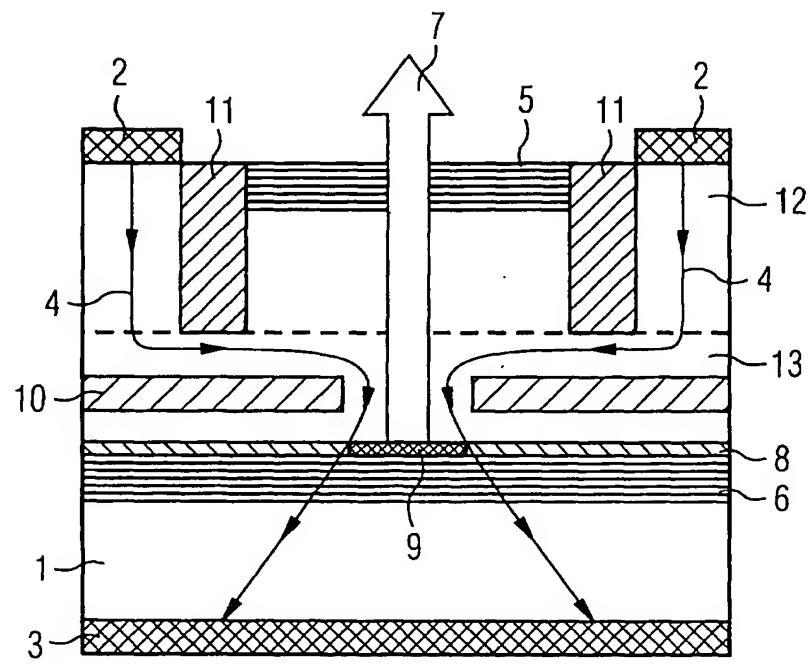


FIG 2A

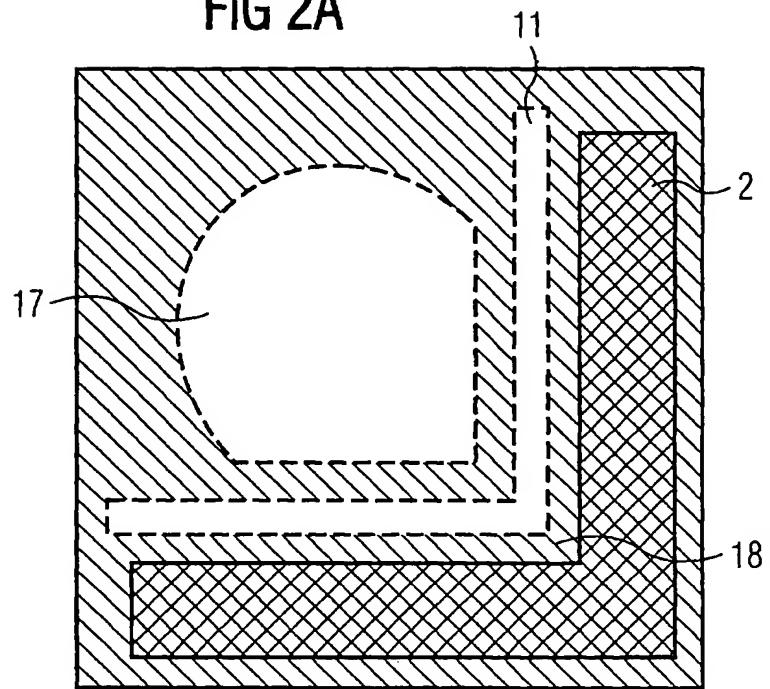


FIG 2B

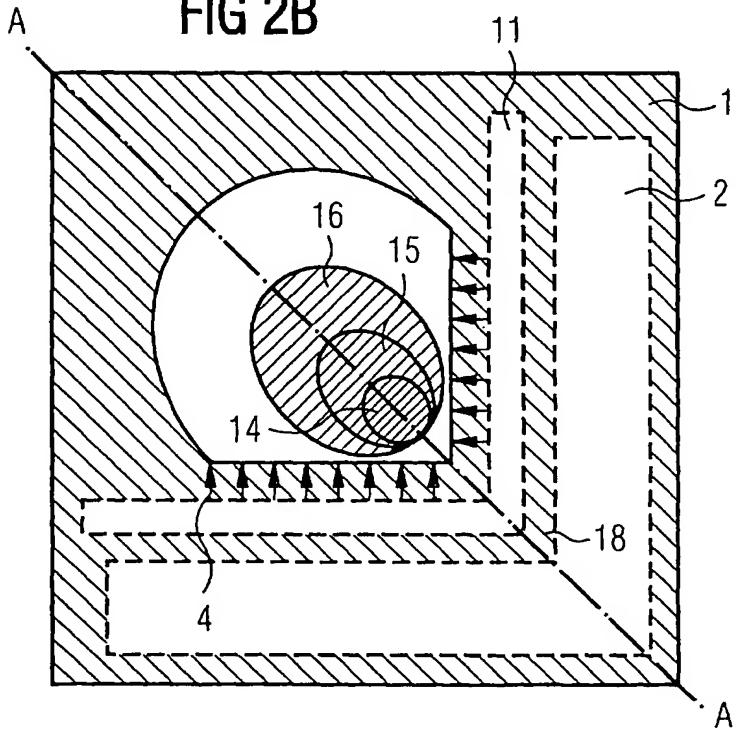


FIG 3A

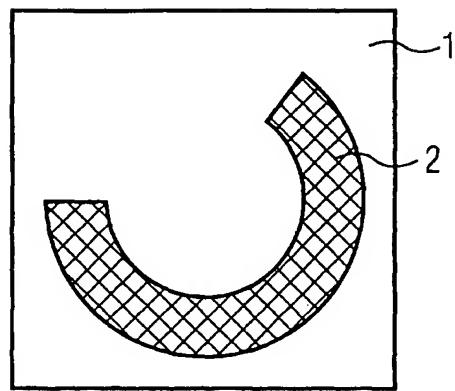


FIG 3B

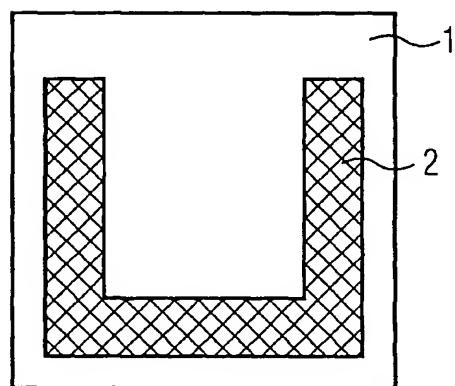


FIG 4A

Schnitt A - A

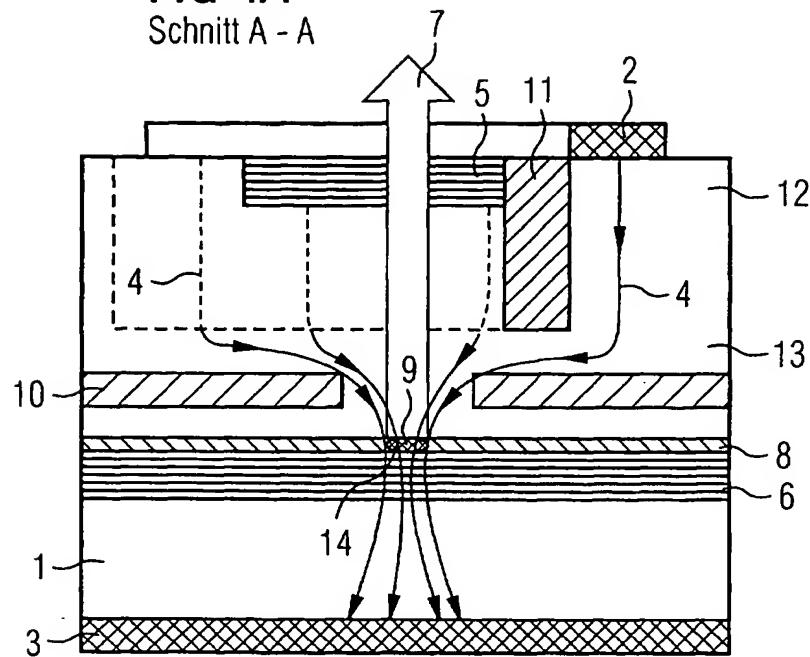


FIG 4B

Schnitt A - A

